

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-339822

(43)公開日 平成10年(1998)12月22日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/22

G 0 2 B 6/22

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

Z

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-148828

(22)出願日 平成9年(1997)6月6日

(71)出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 ▲吉▼田 実

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 御前 俊和

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 弁理士 岡田 和秀

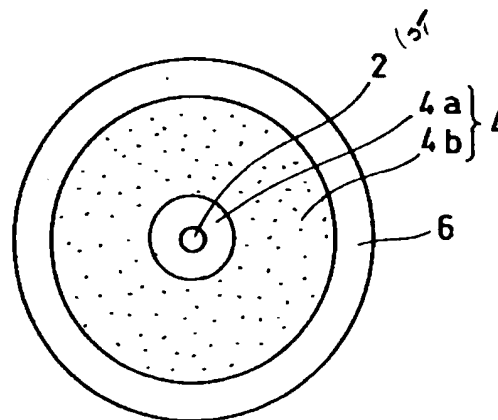
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 増幅用光ファイバ

(57)【要約】

【課題】 第1コアの外周に第2コアが形成されてなるダブルコア型の増幅用光ファイバにおいて、第1コアから第2コア内に漏れ出るASE等の不要な光を有効に吸収、減衰して、信号光に対する増幅効率を高めるようにする。

【解決手段】 第2コア4内には、励起光に干渉せずに信号光を吸収するドーパントがドーブされているドーブ領域4bを設けている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 石英系のシングルモードの第1コアの外周に、同じく石英系のマルチモードの第2コアが形成され、前記第1コアには希土類元素がドーパされ、また、第2コアは第1コアよりも屈折率が小さくなるように設定されている増幅用光ファイバにおいて、前記第2コア内には、励起光に干渉せずに信号光を吸収するドーパントがドーパされていることを特徴とする増幅用光ファイバ。

【請求項2】 請求項1記載の増幅用光ファイバにおいて、第1コアにドーパされる希土類元素はNdであり、信号光の波長が $1.1\mu\text{m}$ 帯の場合には、第2コアにドーパされるドーパントは、Dy(ジスプロシウム)、Sm(サマリウム)、Yb(イッテルビウム)からなる一群の元素の内の少なくとも一つの元素であることを特徴とする増幅用光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、誘導放出現象を利用して信号光を直接に増幅する増幅素子として使用される増幅用光ファイバに関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、誘導放出現象を利用して信号光を直接に増幅する増幅素子として使用される増幅用光ファイバには、従来、ダブルコア型のものが提案されている。

【0003】このダブルコア型の増幅用光ファイバ1'は、図6(a)に示すように、第1コア2の外周に、第2コア4およびクラッド6が順次形成されてなる。

【0004】第1コア2は石英系のもので、信号光に対してシングルモードとなるようにその外径が設定され、その第1コア2中には希土類元素(たとえばNdやErなど)がドーパされている。また、第2コア4は、第1コア2と同じく石英系のもので、発光面積の大きいレーザダイオードのような励起光源からの励起光を光ファイバ1'中に高効率で導入するために、第1コア2の断面積よりも十分に大きい断面積を有しており、このため、励起光に対してはマルチモードとなっている。さらに、クラッド6は、保護兼光閉込用としてウレタンアクリレートやポリメチルメタアクリレートなどのような高分子樹脂が使用されている。

【0005】また、屈折率分布は、図6(b)に示すように、たとえば、第1コア2の屈折率 $n_2$ は $1.463\sim 1.467$ 程度、第2コア4の屈折率 $n_4$ は $1.45\sim 1.46$ 程度、クラッド6の屈折率 $n_6$ は $1.40$ 程度であって、外方に向かう程、屈折率が次第に小さくなるように階段状に設定されている。

【0006】この構成の増幅用光ファイバ1'において、第1コア2中にたとえばNdがドーパされているも

のでは、この第1コア2内に $1.06\mu\text{m}$ 帯の信号光が入射される一方、 $0.80\mu\text{m}$ 帯の励起光が第1コア2中だけでなく第2コア4中にも入射される。そして、この第1コア2および第2コア4中を伝搬する励起光によって第1コア2がポンピングされて信号光が増幅される。

【0007】このように、この構成の増幅用光ファイバ1'では、第1コア2の周囲の比較的に広い領域を占める第2コア4中に高出力の励起光を導入できるため、いわゆる側方励起効果が得られ、一層効率良く光増幅を行うことができ、高出力な増幅出力が得られるという利点がある。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような増幅用光ファイバ1'によって、信号光の直接増幅を行う場合、第1コア2中を伝搬する信号光は、曲げ損失、接続損失などに起因して第2コア4内に漏れ出ることがある。

【0009】また、第1コア2内では、誘導放出に基づく光だけでなく、自然放出に基づく蛍光(以下、ASEと称する)も同時に発生する。このASEは、信号光の波長の前後の波長帯域にわたって発生するインコヒーレントな蛍光であって、このASEも第2コア4内に放射される。

【0010】そして、第2コア4内に漏れ出たこれらの不要な光がクラッド4との境界面で反射されて再度第1コア2内を通過するときには、第1コア2内を通過する信号光とともに増幅されることになるので、信号光に対する相対的な増幅効率が低下する。

【0011】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、ダブルコア型の増幅用光ファイバにおいて、第1コアから第2コア内に漏れ出るASE等の不要な光を有効に吸収、減衰して、信号光に対する増幅効率を高めて利得を一層向上させることを課題とする。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するため、石英系のシングルモードの第1コアの外周に、同じく石英系のマルチモードの第2コアが形成され、前記第1コアには希土類元素がドーパされ、また、第2コアは第1コアよりも屈折率が小さくなるように設定されている、いわゆるダブルコア型の増幅用光ファイバにおいて、次の構成を採用した。

【0013】すなわち、本発明では、第2コア内には、励起光に干渉せずに信号光を吸収するドーパントがドーパされていることを特徴としている。

【0014】特に、第1コアにドーパされる希土類元素はNdであり、信号光の波長が $1.1\mu\text{m}$ 帯の場合には、第2コアにドーパされるドーパントとしては、Dy(ジスプロシウム)、Sm(サマリウム)、Yb(イッテルビウム)からなる一群の元素の内の少なくとも一つの元素を使用することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施形態に係るダブルコア型の増幅用光ファイバの断面図であり、図6に示した従来例に対応する部分には同一に符号を付す。

【0016】同図において、1は増幅用光ファイバの全体を示し、2は第1コア、4は第2コア、6はクラッドである。

【0017】上記の第1コア2は石英系のもので、信号光に対してシングルモードとなるようにその外径が設定され、その第1コア2中には希土類元素として、本例では、Ndがドーパされている。また、クラッド6は、保護兼光閉込用としてウレタンアクリレートやポリメチルメタアクリレートなどのような高分子樹脂が使用されており、これらの構成は、図6に示した従来例のものと同じである。

【0018】また、第2コア4は、全体として第1コア2の断面積よりも十分に大きい断面積を有していて(たとえば、第1コア2の外径が $10\mu\text{m}$ 程度に対して、第2コア4の外径は $125\mu\text{m}$ 程度)、励起光に対してマルチモードとなっている点は、図6に示した従来例のものと同じであるが、次の点で従来ものと相違している。

【0019】すなわち、この第2コア4は、第1コア2に接触する非ドーパ領域4aとその外部のドーパ領域4bとからなる。そして、両領域4a、4bは共に石英系のものであるが、ドーパ領域4bには、励起光に干渉せずに信号光を吸収するドーパントがドーパされている。このドーパントとしては、本例では、第1コア2内を通過する信号光の波長が $1.1\mu\text{m}$ 帯、励起光の波長が $0.8\mu\text{m}$ 帯の場合には、Dy(ジスプロシウム)、Sm(サマリウム)、Yb(イッテルビウム)の一群の元素の内の一つの元素が使用される。

【0020】なお、Dy、Sm、Ybの各元素の内の2つ、あるいは3つを組み合わせることも可能である。また、それらのドーパントのドーパ量としては、第1コア2から漏れ出た不要な信号光やASEを吸収、減衰できる効果が得られるように、50～数千ppm程度あればよいが、ドーピングの容易性を考慮すれば、数百ppm程度が好ましい。

【0021】一方、第2コア4の非ドーパ領域4aにはこれらのドーパントが存在しないようにしている。その理由は、第1コア2内を伝搬する信号光の分布は、同コア2の実際の直径よりもモードフィールド径に依存しており、そのモードフィールド径内を伝搬する信号光がドーパントによって余分に吸収されてしまわないようにするためである。したがって、たとえば、上述のように第1コア2の外径が $10\mu\text{m}$ 、第2コア4の外径が $400\mu\text{m}$ である場合、第1コア2の周りの非ドーパ領域4aとしては、外径が $50\mu\text{m}$ 程度に確保される。

【0022】図2ないし図5は、通常の石英系の光ファイバのコア中にDy、Sm、Yb、Prの各元素をドーパ

し、その場合の各波長の光の減衰量を調べた測定結果である。図2および図3に示すように、上述したDyとSmは、 $1.06\mu\text{m}$ 帯の波長の信号光を吸収するが、 $0.8\mu\text{m}$ 帯の波長の励起光に干渉しないので、第2コア4のドーパ領域4bにドーパすべきドーパントとして適切であることが分かる。また、図4に示すように、Ybは $1.06\mu\text{m}$ 帯の波長の信号光の吸収に比較して、 $0.8\mu\text{m}$ 帯の波長の励起光の吸収が小さいので、この場合にもドーパ領域4bにドーパすべきドーパントとしての使用が可能であることが分かる。

【0023】このように、この実施形態の増幅用光ファイバ1は、第2コア4のドーパ領域4bに対して、励起光に干渉せずに信号光を吸収するドーパント(Dy、Sm、Yb)がドーパされているので、第1コア2から第2コア4内に漏れ出る信号光やASEは、第2コア4のドーパ領域4bにドーパされているドーパントによって吸収、減衰されるため、これらの不要な光が再度第1コア2内を通過する確率が極めて低くなり、信号光に対する増幅効率が高くなり、利得を一層向上させることができる。

【0024】なお、上記の実施形態では、第1コア2内にNdがドーパされている場合について説明したが、第1コア2内にErがドーパされている場合には、第2コア4内にドーパすべきドーパントとして、たとえば、次のものを使用することができる。

【0025】前述の図2において、Dyは $1.48\mu\text{m}$ 帯の波長の光よりも $1.55\mu\text{m}$ 帯の波長の光の吸収が大きい。また、図5に示すように、Pr(プラセオジウム)は、 $0.98\mu\text{m}$ の波長の光よりも $1.55\mu\text{m}$ の波長の光の吸収が大きい。

【0026】したがって、第1コア2内にErをドーパした場合において、信号光の波長を $1.55\mu\text{m}$ 帯とし、励起光の波長が $1.48\mu\text{m}$ の場合には第2コア4内にはDyを、また、信号光の波長を $1.55\mu\text{m}$ 帯とし、励起光の波長が $0.98\mu\text{m}$ の場合には第2コア4内にはPr(プラセオジウム)をドーパするのが好ましい。また、それらのドーパントのドーパ量としては、50～数千ppm程度あればよいが、ドーピングの容易性を考慮すれば、数百ppm程度が好ましい。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、ダブルコア型の増幅用光ファイバにおいて、第2コア内に漏れ出る不要な光を有効に吸収、減衰できるので、信号光に対する増幅効率が高くなり、利得を一層向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るダブルコア型の増幅用光ファイバを示す断面図である。

【図2】石英系の光ファイバのコア中にDyをドーパした場合の各波長の光の減衰量を調べた測定結果を示す図である。

10

20

30

40

50

【図3】石英系の光ファイバのコア中にSmをドープした場合の各波長の光の減衰量を調べた測定結果を示す図である。

【図4】石英系の光ファイバのコア中にYbをドープした場合の各波長の光の減衰量を調べた測定結果を示す図である。

【図5】石英系の光ファイバのコア中にPrをドープした場合の各波長の光の減衰量を調べた測定結果を示す図

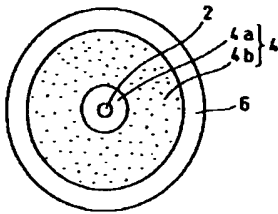
である。

【図6】従来技術に係るダブルコア型の増幅用光ファイバを示す図で、同図(a)は断面図、同図(b)は屈折率分布を示す図である。

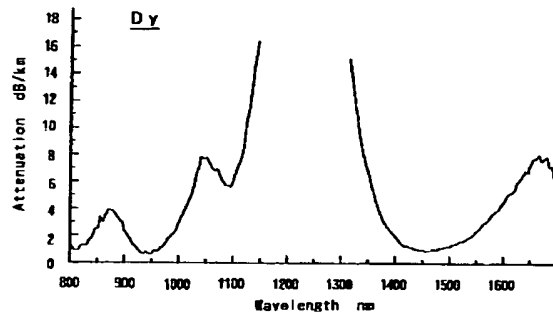
【符号の説明】

1…増幅用光ファイバ、2…第1コア、4…第2コア、4a…非ドープ領域、4b…ドープ領域、6…クラッド。

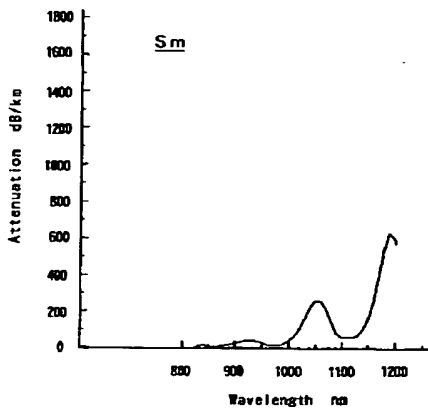
【図1】



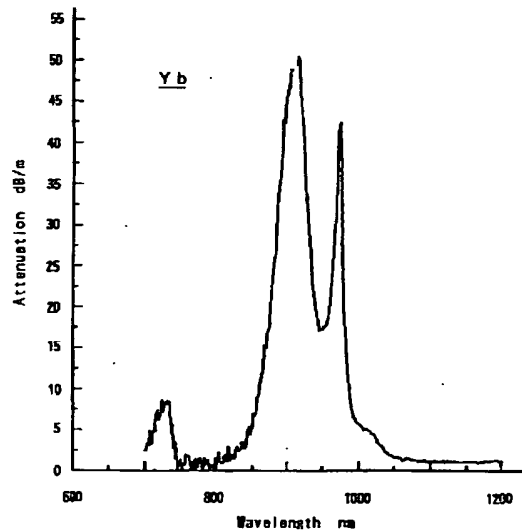
【図2】



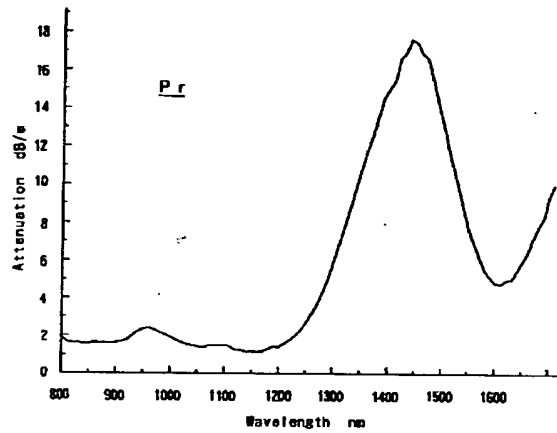
【図3】



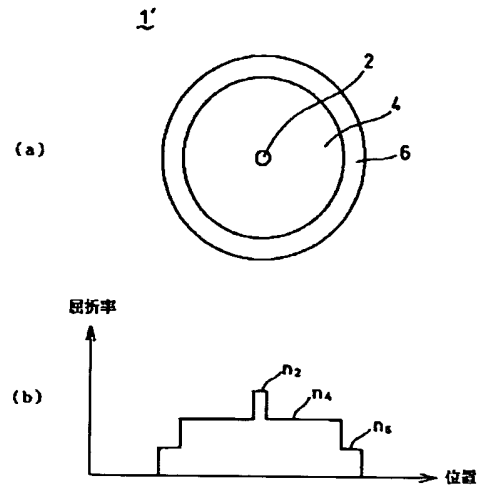
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 俊央  
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 平野 嘉仁  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 庄司 康浩  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

CLIPPEDIMAGE= JP410339822A

PAT-NO: JP410339822A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10339822 A

TITLE: OPTICAL FIBER FOR AMPLIFICATION

PUBN-DATE: December 22, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YOSHIDA, MINORU

OMAE, TOSHIKAZU

SASAKI, TOSHIHISA

HIRANO, YOSHIHITO

SHOJI, YASUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

MITSUBISHI CABLE IND LTD

MITSUBISHI ELECTRIC CORP

COUNTRY

N/A

N/A

APPL-NO: JP09148828

APPL-DATE: June 6, 1997

INT-CL (IPC): G02B006/22;H01S003/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To effectively absorb and attenuate unnecessary light such as ASE leaking from a first core to a second core and to increase the amplification efficiency for signal light by doping a second core with a dopant which absorbs signal light without causing interference with excitation light.

SOLUTION: The first core 2 essentially consists of quartz and its outer diameter is determined to generate a single mode for signal light. The first core 2 is doped with rare earth elements such as Nd. As for the clad 6, a polymer resin such as urethane acrylate and polymerthnylethacrysalte is used for protection and enclosing of light. The second core 4 consists of an undoped region 4a in contact with the first core 2 and a doped region 4b around the region 4a. The both regions essentially consist of quartz, and the doped region 4b is doped with a dopant which absorbs signal light without causing

interference with excitation light.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the optical fiber for amplification used as an amplifier which amplifies signal light directly using an induced emission phenomenon.

[0002]

[Description of the Prior Art] The double core type thing is conventionally proposed by the optical fiber for amplification generally used as an amplifier which amplifies signal light directly using an induced emission phenomenon.

[0003] The 2nd core 4 and clad 6 are formed one by one, and this double core type optical fiber 1' for amplification becomes the periphery of the 1st core 2, as shown in drawing 6 (a).

[0004] ~~The 1st core 2 is the thing of a quartz system, the outer diameter is set up so that it may become a single mode to signal light, and in the 1st core 2, rare earth elements (for example, Nd, Er, etc.) are doped. Moreover, the 2nd core 4 is the thing of a quartz system as well as the 1st core 2, in order are efficient and to introduce the excitation light from the excitation light source like laser diode with a large luminescence area into optical fiber 1', has the cross section large enough and, for this reason, serves as a multimode from the cross section of the 1st core 2 to excitation light. Furthermore, as for clad 6, macromolecule resins, such as urethane acrylate and polymethylmethacrylate, are used as an object for protection-cum-optical confinements.~~

[0005] Moreover, as a refractive-index distribution is shown in drawing 6 (b), the refractive index  $n_2$  of the 1st core 2 is set up stair-like so that the refractive index  $n_6$  of 1.45 to about 1.46 and clad 6 is about 1.40, the refractive index  $n_4$  of 1.463 to about 1.467 and the 2nd core 4 goes to the method of outside and a refractive index may become gradually small.

[0006] In optical fiber 1' for amplification of this composition, by that by which Nd is doped in the 1st core 2, while incidence of the signal light of 1.06-micrometer band is carried out into this 1st core 2, incidence of the excitation light of 0.80-micrometer band is carried out not only the inside of the 1st core 2 but into the 2nd core 4. And the pumping of the 1st core 2 is carried out by the excitation light which spreads the inside of this 1st core 2 and the 2nd core 4, and signal light is amplified.

[0007] since [ thus, ] the excitation light of high power can be introduced in optical fiber 1 for amplification' of this composition into the 2nd core 4 around the 1st core 2 which occupies a latus field comparatively -- the so-called side -- the excitation effect is acquired, optical amplification can be performed much more efficiently, and there is an advantage that a high power amplification output is obtained

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, by above optical fiber 1' for amplification, when performing direct amplification of signal light, the signal light which spreads the inside of the 1st core 2 originates in bending loss, connection loss, etc., and it may leak and come out of it in the 2nd core 4.

[0009] Moreover, within the 1st core 2, not only the light based on induced emission but the



fluorescence (ASE is called hereafter) based on a spontaneous emission is generated simultaneously. This ASE is incoherent fluorescence generated over the wavelength-range region before and behind the wavelength of signal light, and this ASE is also emitted in the 2nd core 4.

[0010] And since it will be amplified with the signal light which passes through the inside of the 1st core 2 when it is reflected in an interface with clad 4 and such unnecessary light which leaked and came out in the 2nd core 4 passes through the inside of the 1st core 2 again, the relative amplification efficiency over signal light falls.

[0011] Let it be a technical problem to have made this invention in order to solve the above-mentioned trouble, to absorb and decrease effectively unnecessary light, such as ASE which leaks and appears from the 1st core in incore [ 2nd ] in the double core type optical fiber for amplification, to raise the amplification efficiency over signal light, and to raise gain further.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order that this invention might solve the above-mentioned technical problem, similarly the 2nd core of the multimode of a quartz system was formed in the periphery of the 1st core of the single mode of a quartz system, and rare earth elements were doped by the 1st core of the above, and the 2nd core adopted the next composition in the so-called double core type optical fiber for amplification set up so that a refractive index may become small rather than the 1st core.

[0013] That is, in this invention, it is characterized by doping the dopant which absorbs signal light, without interfering in excitation light incore [ 2nd ].

[0014] a group which consists of Dy (dysprosium), Sm (samarium), and Yb (ytterbium) as a dopant which especially the rare earth elements doped by the 1st core are Nd, and is doped by the 2nd core when the wavelength of signal light is 1.1-micrometer band -- at least one element in an element can be used

[0015]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is the cross section of the double core type optical fiber for amplification concerning the operation gestalt of this invention, and gives a sign to the portion corresponding to the conventional example shown in drawing 6 identically.

[0016] In this drawing, 1 shows the whole optical fiber for amplification, and, as for the 1st core and 4, 2 is [ the 2nd core and 6 ] clad.

[0017] The 1st above-mentioned core 2 is the thing of a quartz system, the outer diameter is set up so that it may become a single mode to signal light, and in the 1st core 2, Nd is doped by this example as rare earth elements. Moreover, macromolecule resins, such as urethane acrylate and polymethylmethacrylate, are used as an object for protection-cum-optical confinements, and the clad 6 of these composition is the same as that of the thing of the conventional example shown in drawing 6.

[0018] Moreover, the 2nd core 4 has the cross section [ as a whole ] larger enough than the cross section of the 1st core 2 (the outer diameter [ outer diameter / of the 1st core 2 / as opposed to / about 10 micrometers / For example, ] of the 2nd core 4 about 125 micrometers), and although the point which serves as a multimode to excitation light is the same as the thing of the conventional example shown in drawing 6, it is different from the thing conventional at the following point.

[0019] That is, this 2nd core 4 consists of non-doping field 4a in contact with the 1st core 2, and dope field 4b of the exterior. And although both the fields 4a and 4b of both are the things of a quartz system, the dopant which absorbs signal light, without interfering in excitation light is doped by dope field 4b. the case where the wavelength of the signal light which passes through the inside of the 1st core 2 in this example is [ the wavelength of 1.1 micrometer band and excitation light ] 0.8-micrometer band as this dopant -- a group of Dy (dysprosium), Sm (samarium), and Yb (ytterbium) -- one element in an element is used

[0020] In addition, it is also possible to dope combining 2 of each elements of Dy, Sm, and Yb or three. Moreover, although what is necessary is just to be 50 - about 1000 ppm of numbers so that the effect which can absorb an unnecessary signal light and unnecessary ASE which leaked and came out of the 1st core 2 as an amount of dopes of those dopants, and can be decreased may be acquired, if the ease of doping is taken into consideration, about hundreds of ppm are desirable.

[0021] It is made for these dopants not to exist in non-doping field 4a of the 2nd core 4 on the other hand. The distribution of the signal light in which the reason spreads the inside of the 1st core 2 is because the signal light which is dependent on the diameter of the mode field, and spreads the inside of the diameter of the mode field rather than the actual diameter of this core 2 is not absorbed too much by the dopant. It follows, for example, when the outer diameter of the 1st core 2 is [ the outer diameter of 10 micrometers and the 2nd core 4 ] 400 micrometers as mentioned above, an outer diameter is secured to about 50 micrometers as surrounding non-dopant field 4a of the 1st core 2.

[0022] Drawing 2 or drawing 5 is as a result of [ which doped each element of Dy, Sm, Yb, and Pr in the core of the optical fiber of the usual quartz system, and investigated the magnitude of attenuation of the light of each wavelength in that case ] measurement. As shown in drawing 2 and drawing 3, although Dy and Sm which were mentioned above absorb the signal light of the wavelength of 1.06-micrometer band, since they do not interfere in the excitation light of the wavelength of 0.8-micrometer band, it turns out that they are suitable as a dopant which should be doped to dope field 4b of the 2nd core 4. Moreover, as shown in drawing 4, since the excitation absorption of light of the wavelength of 0.8-micrometer band is small as compared with the signal absorption of light of the wavelength of 1.06-micrometer band, Yb is understood that the use as a dopant which should be doped to dope field 4b also in this case is possible.

[0023] Thus, the optical fiber 1 for amplification of this operation gestalt Since the dopant (Dy, Sm, Yb) which absorbs signal light, without interfering in excitation light is doped to dope field 4b of the 2nd core 4 The signal light and ASE which leak and come from the 1st core 2 in the 2nd core 4 Since it absorbs and decreases by the dopant doped by dope field 4b of the 2nd core 4, the probability that such unnecessary light will pass through the inside of the 1st core 2 again can become very low, the amplification efficiency over signal light can become high, and gain can be raised further.

[0024] In addition, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where Nd was doped in the 1st core 2, when Er is doped in the 1st core 2, the following can be used as a dopant which should be doped in the 2nd core 4.

[0025] In above-mentioned drawing 2, the absorption of light of Dy of the wavelength of 1.55-micrometer band is larger than the light of the wavelength of 1.48-micrometer band. Moreover, as shown in drawing 5, the absorption of light with a wavelength of 1.55 micrometers of Pr (praseodymium) is larger than light with a wavelength of 0.98 micrometers.

[0026] Therefore, when Er is doped in the 1st core 2, wavelength of signal light is used as 1.55-micrometer band, when the wavelength of excitation light is 1.48 micrometers, into the 2nd core 4, wavelength of signal light is used as 1.55-micrometer band for Dy again, and when the wavelength of excitation light is 0.98 micrometers, it is desirable to dope Pr (praseodymium) in the 2nd core 4. Moreover, as an amount of dopes of those dopants, although what is necessary is just to be 50 - about 1000 ppm of numbers, if the ease of doping is taken into consideration, about hundreds of ppm are desirable.

[0027]

[Effect of the Invention] Since an unnecessary light which leaks and appears in incore [ 2nd ] in the double core type optical fiber for amplification can be absorbed and decreased effectively according to this invention, the amplification efficiency over signal light becomes high, and it becomes possible to raise gain of it further.

---

[Translation done.]